

継手部に礫衝突を受けた中空鋼管の残存耐力評価実験

砂防鋼構造物研究会 ○肥後野孝倫, 中野博志
 (財)砂防・地すべり技術センター 嶋 文示
 防衛大学校理工学研究所 白石博文, 防衛大学校 香月 智

1. はじめに

鋼製スリットえん堤の礫衝突に対する設計は、部材のへこみ変形と全体フレームの塑性変形によるエネルギー吸収で照査している。へこみ変形による吸収エネルギーの算出には、修正エリナス式¹⁾が用いられている。これまで中空鋼管に礫衝突を受けたときの残存耐力評価²⁾を行ってきたが、ここでは、継手部に礫が衝突した場合の残存耐力について評価を試みるものである。すなわち、本研究では図-1に示すようなフランジ継手を対象として、継手部に礫衝突を受けた場合の安全性について検討するものである。なお、今回の実験はボルト継手の接合した継手ではなく、図-2に示すようなダイアプレートを溶接した継手である。

2. 実験の概要

中空鋼管の場合の実験結果と比較するため、実験は中空鋼管実験²⁾と全く同じ方法によって行った。すなわち、第1段階として重錘落下衝突実験により継手を有する中空鋼管(以降、継手鋼管という)に損傷を与え、第2段階として損傷を受けた継手鋼管に対し、静的曲げ載荷実験を行い、残存耐力を評価した。

2.1 供試体

本実験に用いた供試体を図-2に示す。実際に使用されているフランジにはリブありとリブなしの2種類があるが、継手の強度評価が安全側になるとされているリブなし供試体を用いた。鋼管は、一般構造用炭素鋼管(JIS G3444 材質 STK400)であり、直径 139.8mm、長さ 1000mm、肉厚 4.5mm で、中央に厚さ 22mm、径 209.8mm の1枚もののフランジを溶接したものである。

2.2 第1段階：継手部への重錘落下衝突実験

実験は、図-3(a)に示すように、継手鋼管を両端単純支持させスパン長を 600mm とし、スパン中央部の継手部に重錘が落下するように設置した。重錘は、先端部が直径 220mm の半球状、質量 200kg のもので、落下高さを変化させ4ケース実験した。以前実施した中空鋼管の実験結果²⁾と比較するため、支持条件、荷重条件は同一とした。本実験の主目的は、継手鋼管に損傷を与え、その挙動を把握することである。まず、衝撃荷重によって生じる損傷を比べるため、実験終了後の最大局部変形発生場所の図-4に示す鋼管の残存径 δ_D をノギスにより計測し、鋼管のへこみ量 δ_L (局部変形量) を算定し、へこみ率を求めることとした。はり変形が発生した場合は、変位を定規で測定し残存変形角 θ を計測した。また、図-3(a)に示す衝突点付近のひずみも計測した。

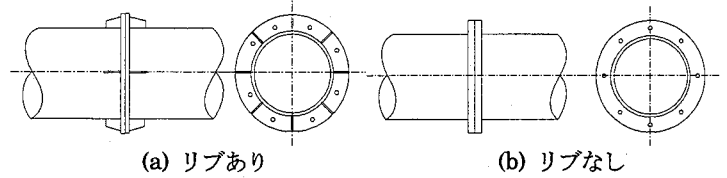


図-1 継手形状

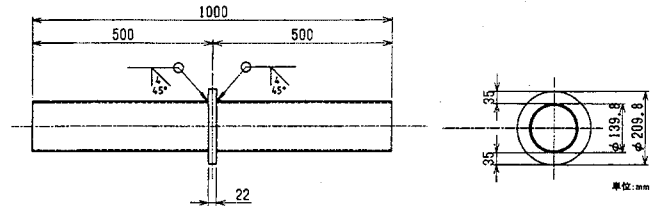


図-2 供試体

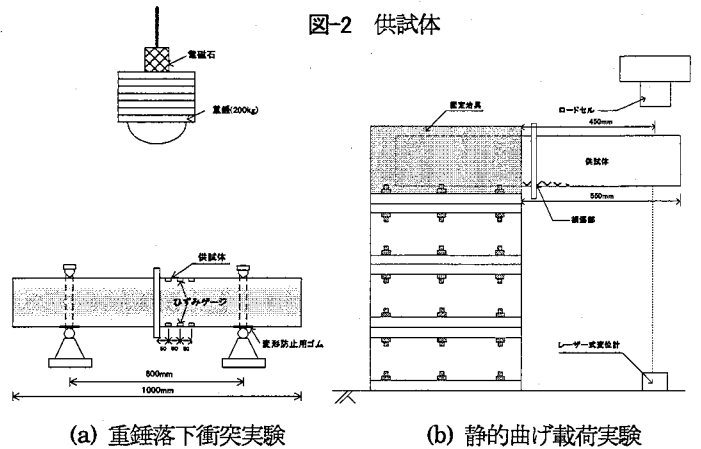


図-3 実験の概要

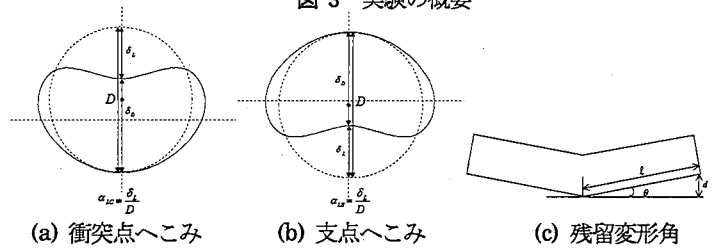


図-4 計測項目

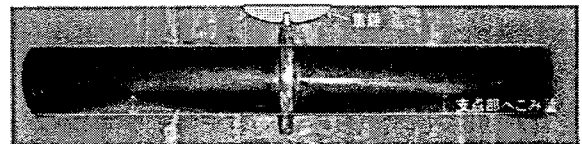


写真-1 重錘落下衝突実験後(H=3800mm)の変形モード

表-1 各実験ケースでのへこみ率および残留変形角

鋼管種	計測位置	継手あり鋼管		継手なし鋼管	
		衝突点	支点	衝突点	
重錘落下高(mm)		へこみ率 α_{LC}	残留変形角 $\theta(^{\circ})$	へこみ率 α_{LS}	へこみ率 α_S
1	900	0	0.20	0.10	0.20
2	1700	0	0.40	0.16	0.31
3	2600	0	0.74	0.23	0.41
4	3800	0	0.97	0.29	0.56

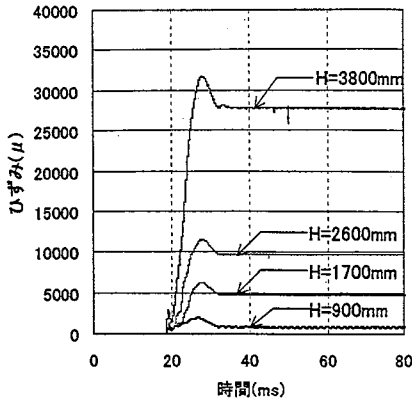


図-5 ひずみ～時間関係

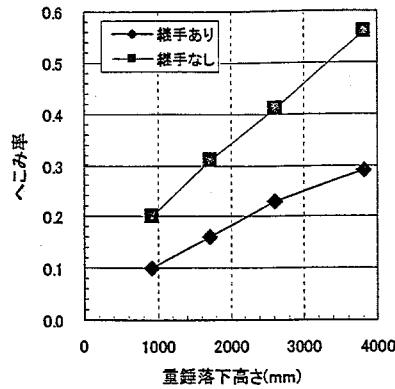


図-6 へこみ率～重錘落下高さ関係

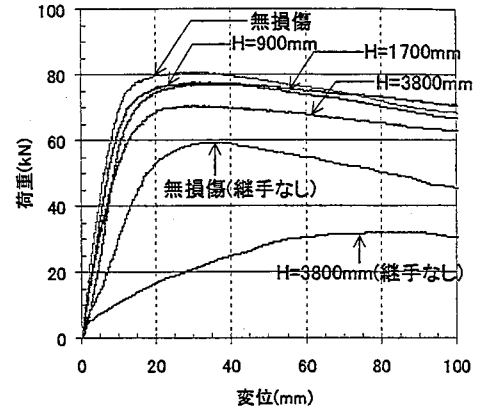


図-7 荷重～変位関係

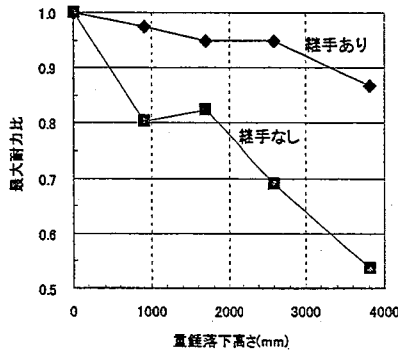


図-8 最大耐力比～重錘落下高さ関係

2.3 第2段階：静的曲げ載荷実験（残存耐力評価実験）

損傷を受けた鋼管の残存耐力評価方法として、図-3(b)のように損傷部を下側（圧縮側）にし、片持ちばりにより耐力を評価する方法を採用した。片持ちばりのスパンは550mmとし、載荷位置は固定端より450mmとした。計測項目は載荷点における荷重および変位の2種類とした。

3. 実験結果と考察

3.1 重錘落下衝突実験後の変形モード

写真-1に最大重錘落下高さ(H=3800mm)における継手鋼管の変形モードを示す。写真から明らかなように、へこみ変形は重錘衝突部でなく両支点部にほぼ均等に発生し、はり変形もほとんど発生していない。これより、重錘の衝突エネルギーはほぼ両支点部のへこみ変形により吸収されていると考えられる。

3.2 重錘落下高さ～ひずみ関係およびへこみ率関係

まず、図-5に継手がある場合の落下高さ毎の鋼管の引張ひずみ（落下点下部で端部から550mmの位置）と時間関係を示す。落下高さの増大に伴い、最大ひずみおよび残留ひずみともに大きくなっており、鋼材の降伏限界ひずみ（約1400 μ ）を超え損傷を受けている。しかし、衝突点には目視できるへこみ変形は生じていない。すなわち、継手部に礫を衝突させた場合は、継手の無い場合と異なり、落下点でのへこみ変形が拘束されるため、両支点にへこみ変形が生じる。

次に、表-1は継手鋼管の実験結果を継手なし鋼管と比較して示したものである。残留変形角はほとんど生じていない。図-6に重錘落下高さとの関係を示している

が、へこみ率とは、へこみ変形/鋼管径を示し、継手なしの場合は衝突点部のへこみを、継手ありの場合は支点部のへこみ変形を計測したものである。これより、継手ありの場合のへこみ率は、継手なしの場合に比べ、約1/2になっており、両支点部を足し合わせると継手なしの場合のへこみ率と一致することが分かる。

3.3 荷重～変位関係（静的曲げ載荷実験）

図-7に荷重～変位関係を示す。継手鋼管では、損傷度（落下高さ）の増大に伴い、最大耐力は低下している。しかし、その最大耐力は最大損傷(H=3800mm)においても無損傷継手なし鋼管のそれよりも大きい。この理由は、フランジ継手の挿入により継手部近傍の曲げ剛性が強められたためである。

3.4 最大耐力について

図-8に最大耐力比～落下高さ関係を示す。最大耐力比とは、損傷鋼管の最大荷重を無損傷の最大荷重で割った値をいい、継手鋼管は、継手なしと同様、落下高さの増大に伴い最大耐力はやや減少するが、その減少率は小さく最大損傷でも無損傷の約85%の耐力を保有している。

4. まとめ

本研究での成果を以下に示す。

(1) 継手部に礫衝突した場合、衝突部でのへこみ変形は見られず、両支点部のへこみ変形によりエネルギー吸収が行われた。

(2) 衝突点でのひずみ計測から、鋼材の降伏限界ひずみを超えているが、目視できるほどの損傷は見られない。また継手鋼管の両支点部のへこみ率を加算すると、ちょうど中空鋼管のへこみ率と一致することが分かった。

(3) 継手鋼管は損傷を増大させても継手なし鋼管ほどの耐力低下が認められず、本実験における損傷の範囲では、最大損傷でも無損傷継手鋼管の最大耐力の約85%を保有した。

以上より、継手部に礫衝突を受けた場合の安全性について、中空鋼管に礫衝突を受けた場合に比較して安全であることが確認された。

参考文献

- 1) 鋼製砂防構造物設計便覧：(財)砂防・地すべり技術センター、平成13年版。
- 2) 白石博文，梶田幸秀，香月智，石川信隆，松村和樹，嶋丈示：礫衝突による損傷を受けた中空鋼管の残存耐力評価実験，構造工学論文集，vol.48A，2002.3。